Chapitre II : L'hydraulique Industriel

1 Introduction :

L'hydraulique industriel, c'est un domaine très vaste, alors on s'intéresse d'abord aux composants essentiels participant à la réalisation des circuits hydrauliques :(pompes, distributeurs, vérins, limiteur de pression, limiteur de débit…).

Ce chapitre présente les caractéristiques de ces composants et les notions de base des systèmes hydrauliques.

2 Introduction aux systèmes hydrauliques :

2-1 - Les Circuits De Transport Des Liquides :

a) Description générale :

Un circuit de transport permet de déplacer un liquide d'une source à un réservoir de stockage.

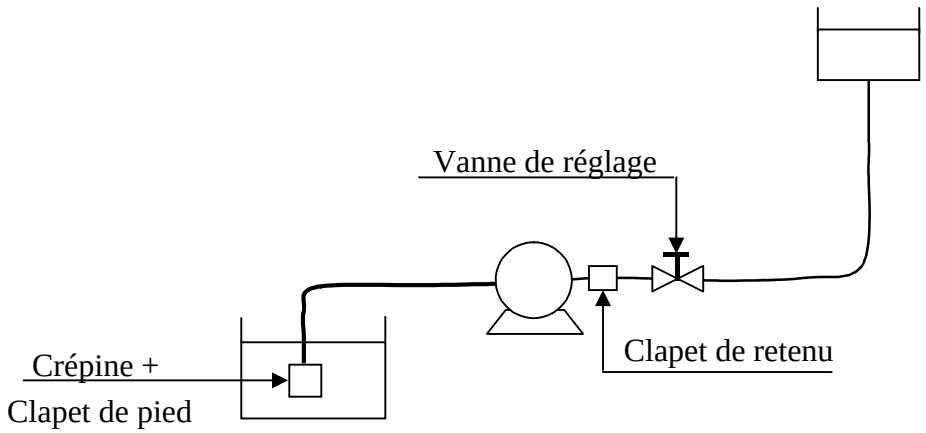


Fig.1 : circuit de transport.

b) Composition :

Un circuit de transport de liquide se compose essentiellement :

- D'un réservoir source de liquide (puits)
- D'une pompe (centrifuge).
- D'un réservoir de stockage (citerne)
- D'une tuyauterie qui relie les différents constituants.

Un circuit de transport de liquide peut comprendre aussi :

- Une vanne de réglage de débit placé sur la conduite de refoulement
- Une crépine + un clapet de pied placés à l'extrémité basse da la conduite d'aspiration.
- Un clapet de retenu placé à la sortie de la pompe pour empêcher le retour du liquide, il est utilisé pour des grandes hauteurs de refoulement.

c) Les pompes centrifuges :

- Principe de fonctionnement :

Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge.

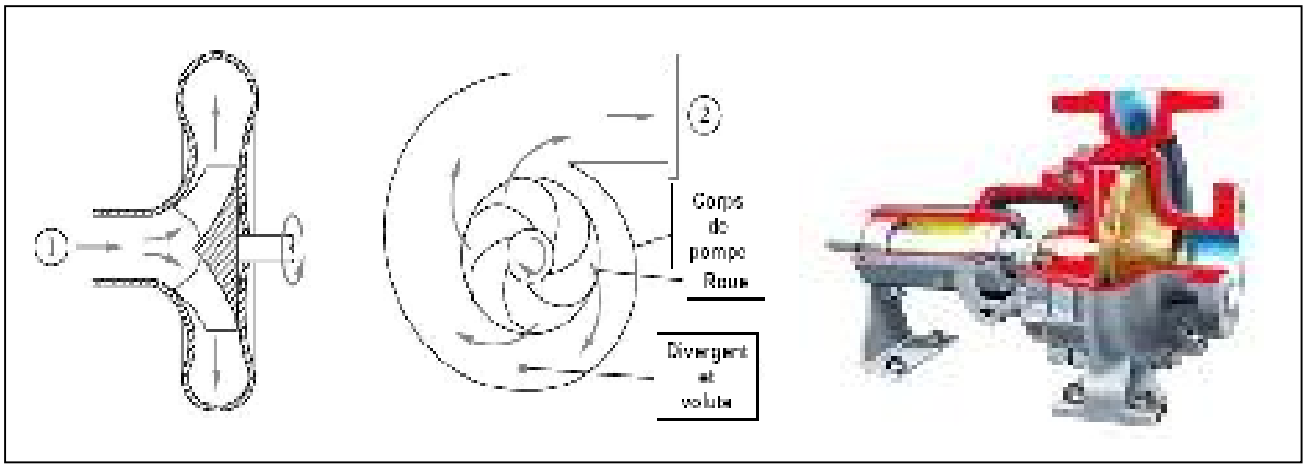


Fig.2 : pompe centrifuge

Une pompe centrifuge est constituée par:

- une roue à aubes tournante autour de son axe, appelée impulseur.
- un distributeur dans l'axe de la roue.
- un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

2-2- Les Circuits De Transmission De Puissances :

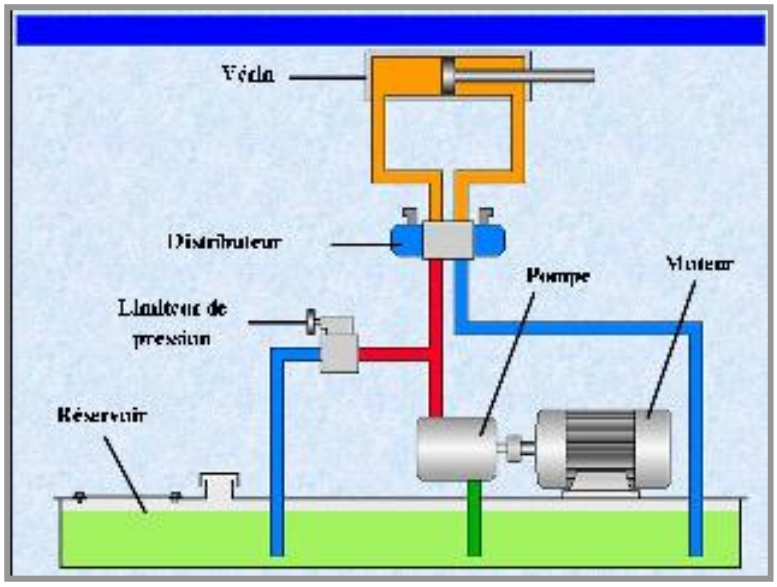


Fig.3 : Installation hydraulique industrielle

a) Description générale :

Un circuit d'hydraulique industriel est représenté schématiquement par des symboles conventionnels normalisés. Le rôle d'un schéma hydraulique est de donner un moyen pratique et simple de représentation d'une installation hydraulique.

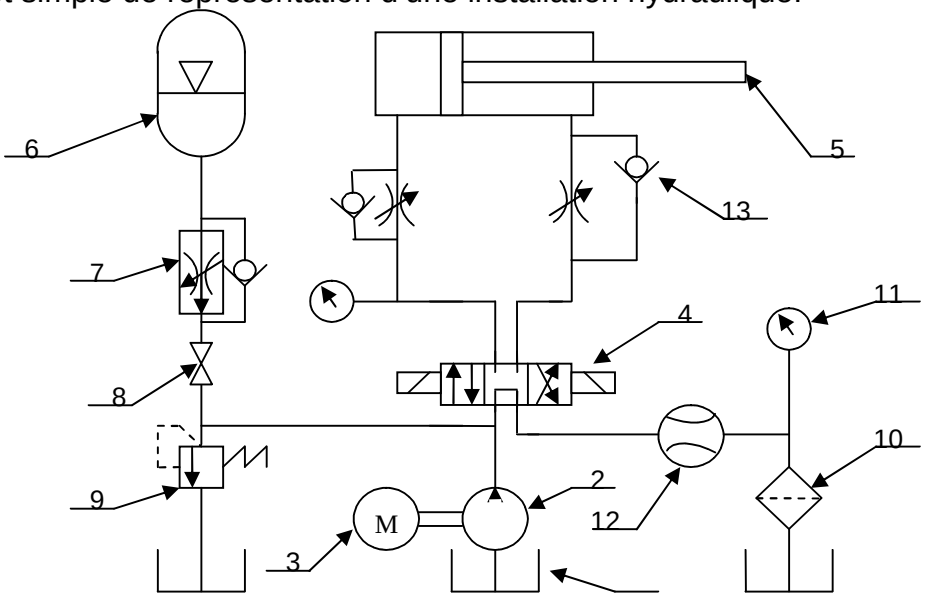


Fig.4 : Exemple d'un schéma d'une installation hydraulique.

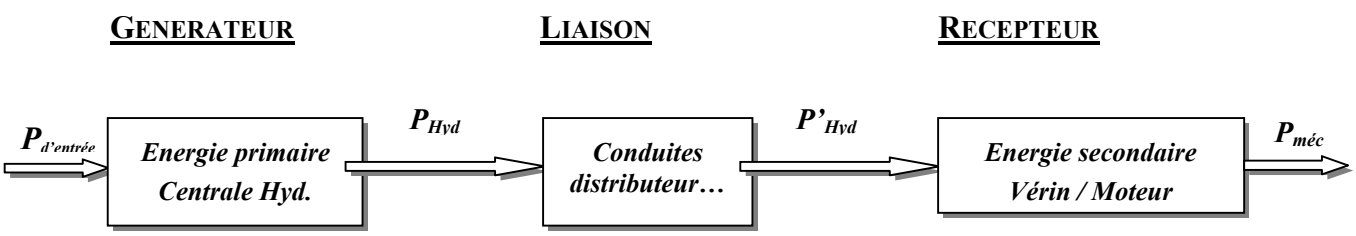
Rép.	Désignation	Fonction
1	Réservoir	Stocker le fluide
2	Pompe hydraulique	Générer la puissance hydraulique
3	Moteur électrique	Actionner la pompe
4	Distributeur 4/3	Distribuer la puissance hydraulique au vérin
5	Vérin double effet	Transformer la puissance hydraulique en puissance mécanique
6	Accumulateur	Stocker l'énergie hydraulique et la restituer en cas de besoin
7	Régulateur de débit	Régler le débit et la vitesse du fluide
8	vanne	Distribuer ou interrompre le passage du fluide
9	Limiteur de pression	Protéger l'installation contre les surpressions
10	filtre	Empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles
11	Manomètre	Indiquer la valeur de la pression
12	débitmètre	Indiquer la valeur de débit
13	Clapet anti-retour	Autoriser le passage du fluide dans un seul sens

Un schéma hydraulique représente toujours l'équipement en position repos ou initiale, il nous permet de comprendre l'installation dans le but surtout de détecter les défaillances et par suite savoir ou on doit intervenir.

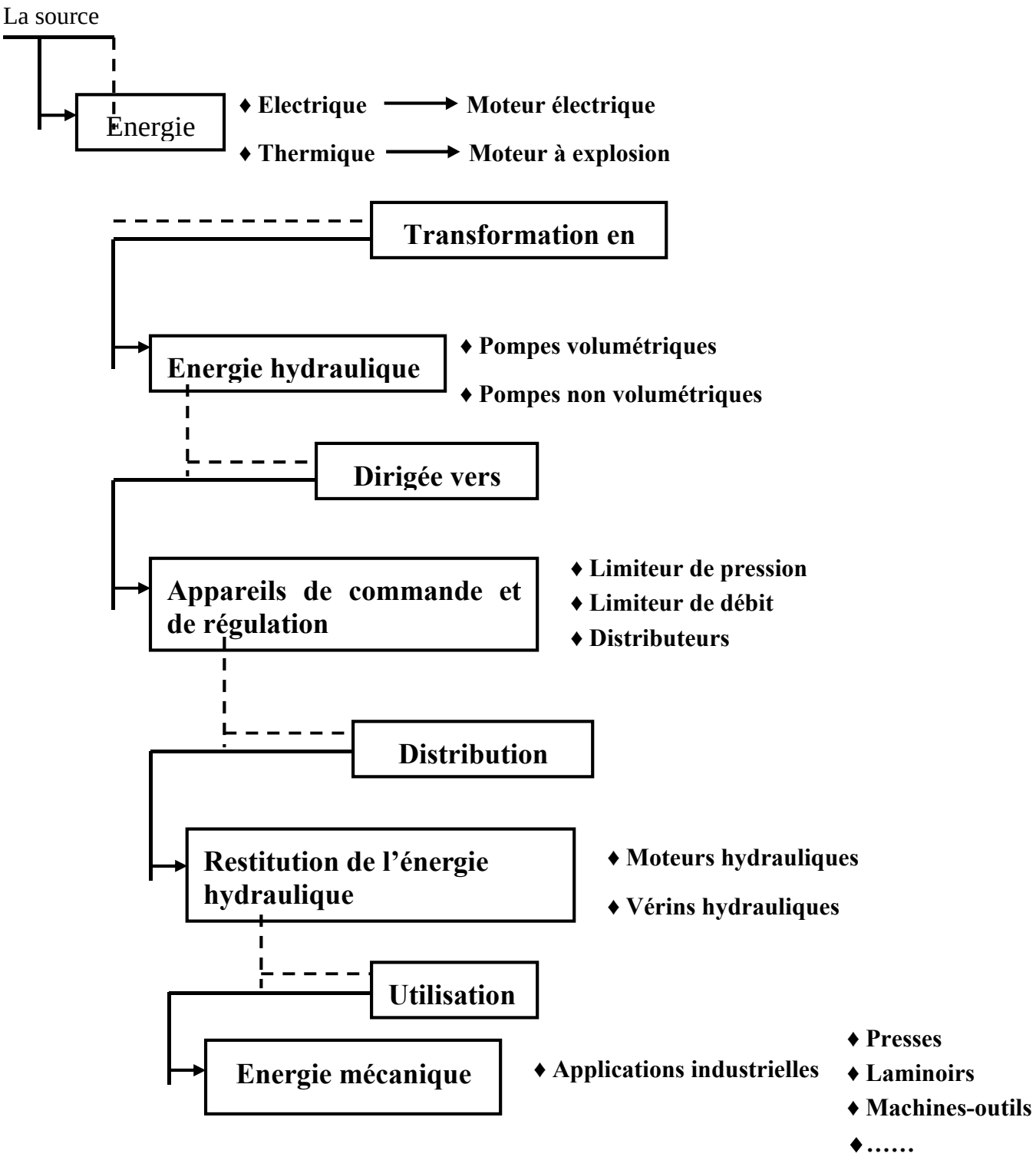
b) Constitution d'un circuit industriel:

- Un circuit hydraulique industriel est constitué de 3 zones :

- ***1ere zone :*** Source d'énergie : c'est un générateur de débit. *(centrale hydraulique)*
- ***2ème zone :*** Récepteur hydraulique : transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique. *(vérin, moteur hydraulique)*
- ***3ème zone :*** Liaison entre les deux zones précédentes. On peut trouver dans cette zone :
    - Des éléments de distribution *(distributeur).*
    - Des éléments de liaison *(tuyaux).*
    - Des accessoires *(appareils de mesure, de protection et de régulation).*



c) Structure schématique des systèmes hydrauliques :



2-3 : Les constituants d'un circuit hydraulique :

2-3-1- La centrale hydraulique :

1)-Définition d'une Centrale hydraulique :

- La centrale hydraulique *(appelé aussi groupe hydraulique)* est un générateur de débit et pas de pression. La pression augmente lorsqu'il y a résistance à l'écoulement.

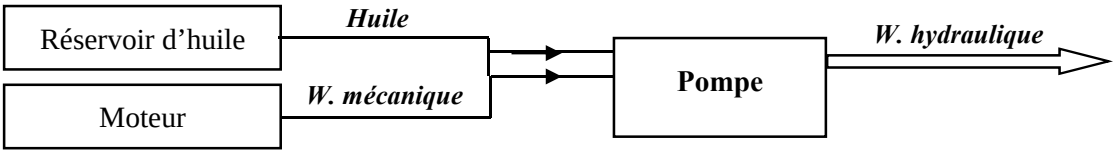
- Elle est constituée essentiellement d'un réservoir d'huile, d'un moteur et d'une pompe et d'un système de filtration.

Réservoir : il permet le stockage de l'huile, protection contre des éléments qui peuvent le polluer, et le refroidissement ;

Système de filtration : il est utilisé pour éliminer les impuretés et les particules solides du fluide ;

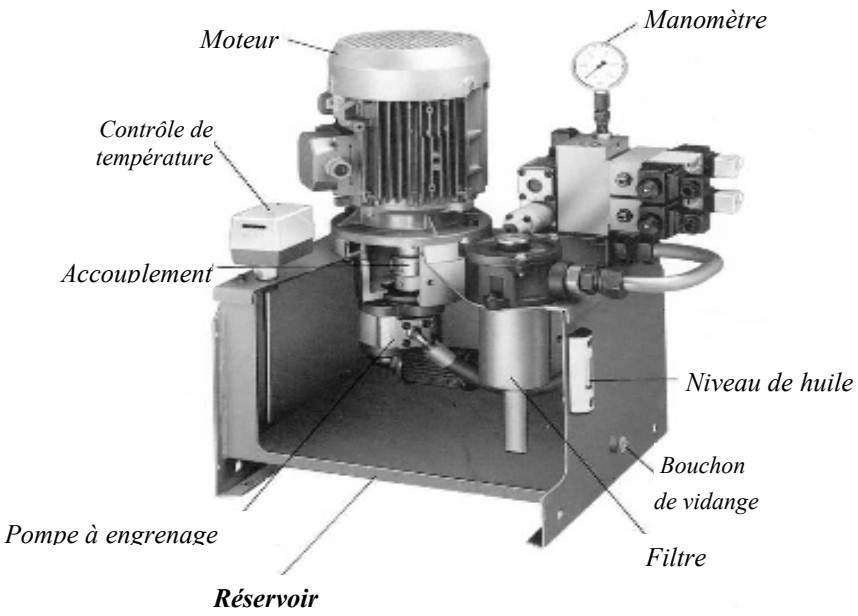
Pompe : sa fonction consiste à :

- Générer un débit de liquide
- Mettre sous pression l'huile sous forme d'énergie hydraulique.



- Une centrale hydraulique doit contenir aussi d'autres composants *(filtre, limiteur de pression, manomètre, …)*.

2)- Composition d'une centrale hydraulique :



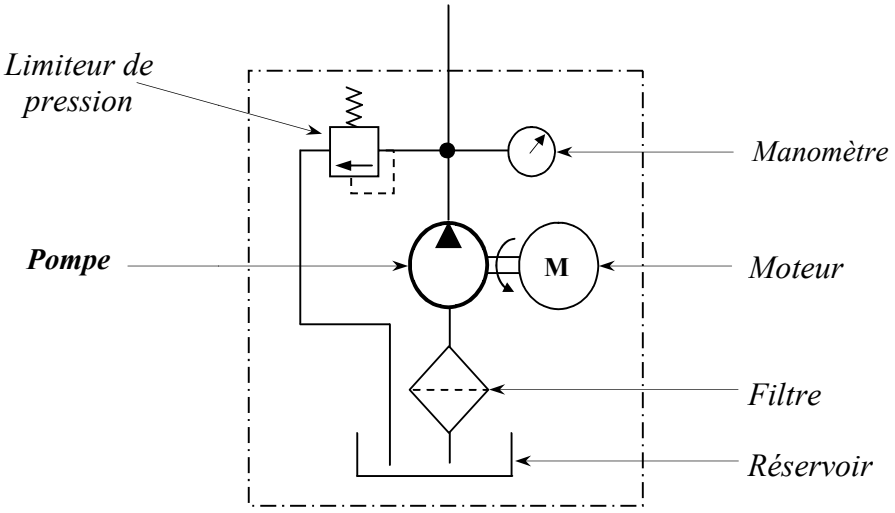


Fig.5 : Centrale hydraulique.

2-1 : Le système de filtration :

Si on analyse les pannes se produisant sur les installations hydrauliques, on constate qu'un grand nombre de celles-ci proviennent du mauvais état du fluide hydraulique.

L'huile sous pression, circulant dans l'installation, véhicule toutes sortes d'impuretés peuvent être abrasives ou non abrasives. Dans tous les cas, il faut absolument les éliminer, car elles provoqueront des pannes et une usure anormale des composants amenant rapidement des fuites. C'est le rôle de la filtration.

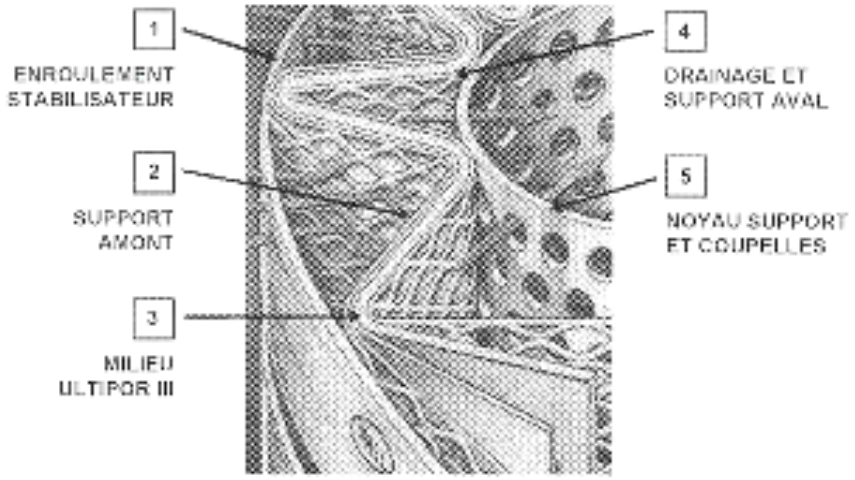


Fig.6 : Constitution d'un filtre

La filtration de l'huile hydraulique peut se faire à l'aide :

- De crépines (grosses particules).
- De filtres (particules fines).

2-1-1 :L'emplacement des filtres dans le circuit hydraulique :

Dans le circuit hydraulique, la filtration peut s'effectuer :

a)- Sur la haute pression : le montage du filtre se fait sur la conduite de refoulement de la pompe. Cette filtration est efficace :

- Elle protège les composants hydrauliques.
- Arrête les débris provenant de l'usure des pompes.
- Agit en filtre de sécurité devant un composant sensible.

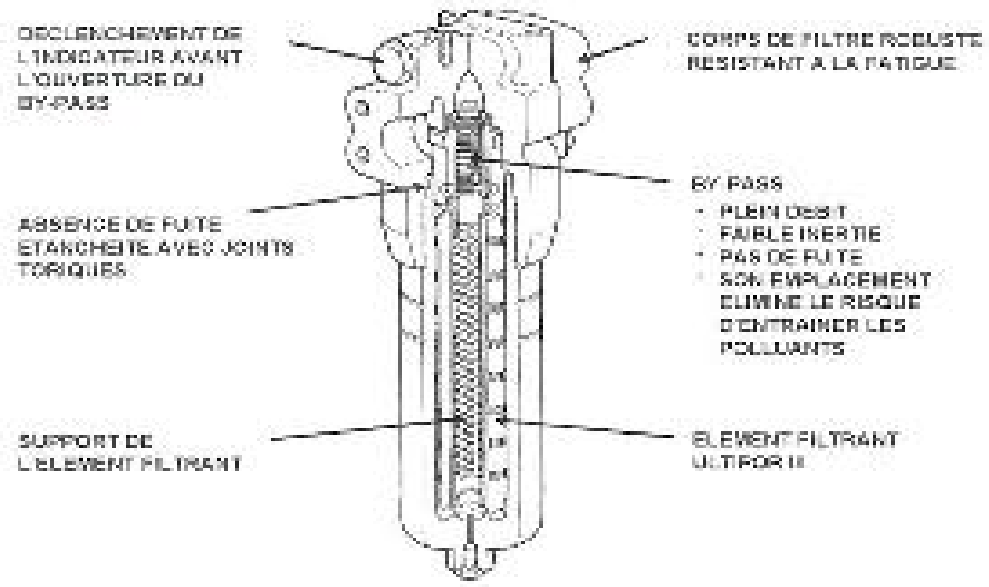


Fig7. : Corps de filtre haute pression

b)- Sur le retour : Le montage du filtre se fait sur la conduite de retour. La totalité de l'huile est filtrée. Il permet de :

2- Récupérer les débris provenant de l'usure des composants ou du circuit en général.

3- Maintenir le niveau de propreté du système dans le cas ou il existe des risques importants de pollution ingérée.

c)- Sur l'aspiration : Cette filtration doit protéger la pompe. Elle est assez grossière et ne peut arrêter que les grosses particules. Elle se fait à l'aide de crépine.

2-1-2 : Les types de filtre dans un circuit hydraulique :

Filtre de sécurité	Filtre de pollution
But : Protection d'un composant très sensible a la pollution**.**	**But :** Maintenir le niveau de propreté de fluide à une valeur satisfaisante.
Dimensionnement : Efficacité en fonction de la sensibilité du seul composant à protéger. Taille du filtre en fonction du débit qui le traverse.	
Position : Le plus proche possible du composant à protéger. Montage flasque si possible.	**Position :** Sur une ligne importante du circuit ; il est impératif que ce filtre traite une grande partie de fluide en opération

Une filtration de sécurité n'a pas pour objet de maintenir le niveau de propreté d'un système. Elle doit toujours être concue en fonction de la filtration de dépollution qui l'accompagne.

2-2: La pompe hydraulique :

1-Généralités :

2-2-1 : Rôle de la pompe dans un système hydraulique :

La pompe est destinée à transformer une énergie mécanique fournie par un moteur, en énergie hydraulique. Son rôle se limite à aspirer l'huile de réservoir et de la refouler.

La pompe fournit un débit. Elle est donc **un générateur de débit.**

1-2 : Les caractéristiques générales d'une pompe:

Une pompe se caractérise par :

- son débit
- sa cylindrée
- son rendement
- Son sens de rotation
- Sa vitesse de rotation

Débit :

C'est le volume d'huile que la pompe peut fournir pendant l'unité de temps pour une vitesse de rotation établie.

Q : débit, en litres /minute (l/min)

Cylindrée :

Elle correspond au volume d'huile théorique débitée par tour en cm^3 ou en litre. Donc le débit Q correspond à la cylindrée par la vitesse de rotation.

Q= Cyl . N Avec Q : débit, en litres /minute (l/min) ;

Cyl : Cylindrée, en litres (l/tr) ou en cm^3/tr ;

N : vitesse de rotation, en tours /minute (tr/min).

Rendements :

- La puissance hydraulique à la sortie d'une pompe, traitant le débit volumique Q est :

$P_H = \Delta P.Q$ avec Q : débit, en m^3/s

! $P = P_s - P_e$: La différence de pression entre l'entrée et la sortie de la pompe et P_e et P_s en Pascal (Pa).

- La puissance donnée à la pompe par le moteur dont l'axe tourne à la vitesse ! et transmet un couple C, s'écrit :

$P_a = C.\omega$

C **:** moment du couple appliqué à l'arbre d'entraînement de la pompe (N.m),

! **:** La vitesse angulaire de l'arbre d'entraînement de la pompe (rad/s),

P_a **:** La puissance absorbée par la pompe (W).

Ces deux relations permettent d'exprimer le **rendement global** d'une pompe :

$$\eta_p = \frac{P_H}{P_a} = \frac{\Delta P.Q}{C.\omega}$$

Pour affiner notre connaissance d'une pompe volumétrique, on peut définir le **rendement volumétrique** : rapport du débit réel au débit théorique,(qui permettra de connaître les fuites) ;

$$\eta_{vp} = \frac{Q}{Q_{th}} = \frac{Q}{Cyl.N}$$

Q_{th} : C'est le débit théorique, $Q_{th} = Cyl.N$

N : C'est la vitesse de rotation

Le **rendement mécanique** ; rapport du couple théorique au couple réel (qui permettra de connaître les pertes mécaniques : Frottement).

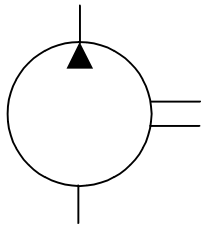
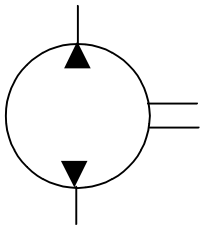
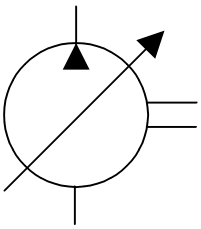
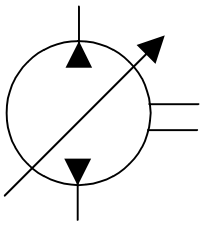
Le produit de ces deux rendements est évidemment le rendement global :

$$\eta_p = \eta_{vp}.\eta_{mp}$$

Vitesse de rotation :

La vitesse de rotation maximale en fonctionnement continu (dite vitesse nominale) est principalement limitée par la capacité de la pompe d'aspirer le fluide dans certaines conditions spécifiques. En d'autres termes, on fixe la valeur de la vitesse nominale de telle sorte que tout risque de cavitation soit écarté.

1-3 : Symboles:

Pompes à débit constant		Pompes à débit variable	
à un sens de flux	à deux sens de flux	à un sens de flux	à deux sens de flux
			

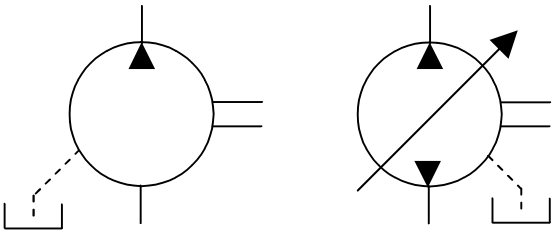


Fig8. Symbole des pompes

Le trait interrompu court représente le drain (drainage externe). C'est une canalisation qui

récupère le débit de fuite, inévitable à cause des jeux fonctionnels, et qui l'envoie au réservoir.

2 : Classification des pompes:

On classe les pompes en deux grandes familles :

- Les pompes non volumétriques ; dans les quelles la chambre d'admission et la chambre de refoulement où le fluide est expulsé ne sont pas séparées l'une de l'autre par des pièces mécaniques rigides.
- Les pompes hydrodynamiques (volumétriques), dans lesquelles la chambre d'admission est séparée par des pièces mécaniques rigides de la chambre de refoulement, ce qui assure l'étanchéité entre ces deux chambres.

2-1-Les pompes volumétriques :

a. Principe :

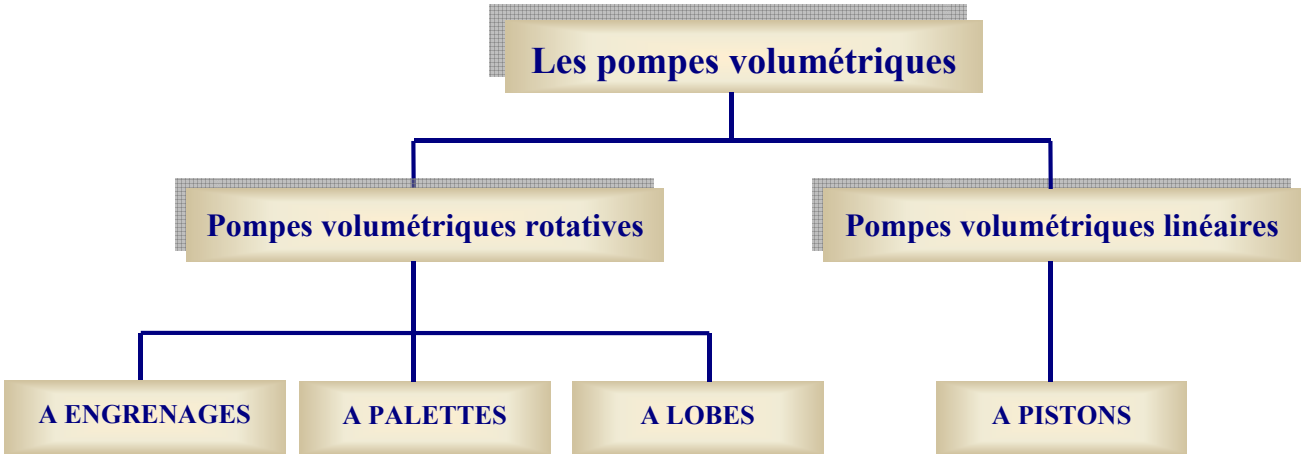
- Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos *(stator)* à l'intérieur du quel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté participant à la circulation du fluide à l'intérieur de la pompe. Ce déplacement est cyclique. D'autres éléments mobiles destinés à mettre en mouvement les éléments précédents.

- Pendant un cycle, un volume de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé.

b. Description :

- Un volume de fluide V_0 *(équivalent à la cylindrée)* est emprisonné dans un espace donné et contraint à se déplacer, de l'entrée vers la sortie de la pompe à chaque cycle. Le volume V_0 est prélevé sur le fluide contenu dans la conduite d'aspiration, d'où une dépression qui fait avancer le fluide vers la pompe, assurant ainsi son amorçage (*auto-amorçage*).

***- Remarque** : La pression ne doit pas s'abaisser en dessous de la pression de vapeur saturante du liquide, pour éviter son ébullition et l'apparition du phénomène de cavitation.*



2-1-1 : Les pompes volumétriques rotatives : Ce sont les pompes les plus utilisées.

1) Les pompes a engrenages :

a) Les pompes à engrenages extérieures :

- **Fonctionnement :** Elle est constituée de deux engrenages tournant à l'intérieur du corps de pompe. Le principe consiste à aspirer le liquide dans l'espace compris entre deux dents consécutives et à le faire passer vers la section de refoulement *(La rotation d'un pignon entraîne la rotation en sens inverse de l'autre, ainsi une chambre se trouve à l'aspiration, l'autre au refoulement).*

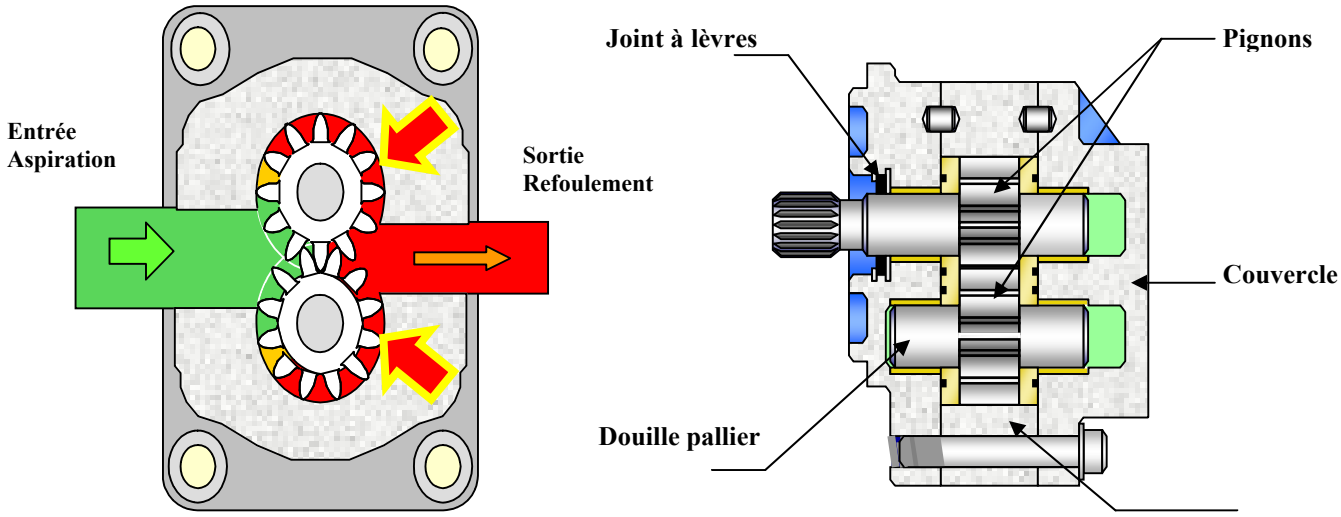


Fig.9 : Pompe à engrenages extérieures

Avantages	Inconvénients
- Débit régulier. ***- Pas de clapets nécessaires.*** ***- Marche de la pompe réversible.***	***- Nombreuses pièces d'usure*** ***- Pas de particules solides dans cette pompe, ni de produits abrasifs ; la présence de traces de solide ayant pour effet d'accélérer l'usure mécanique des pignons et de diminuer l'étanchéité entre le corps de pompe et les dents.***

a) Les pompes à engrenages intérieures :

Présentation : Ces pompes existent aussi avec une roue à denture intérieure *(Couronne dentée)* engrené à un pignon. Dans ce cas la pompe peut disposer d'une pièce intermédiaire en forme de croissant pour séparer entre l'entrée et la sortie permettant ainsi de diminuer les fuites internes et d'augmenter la pression de service.

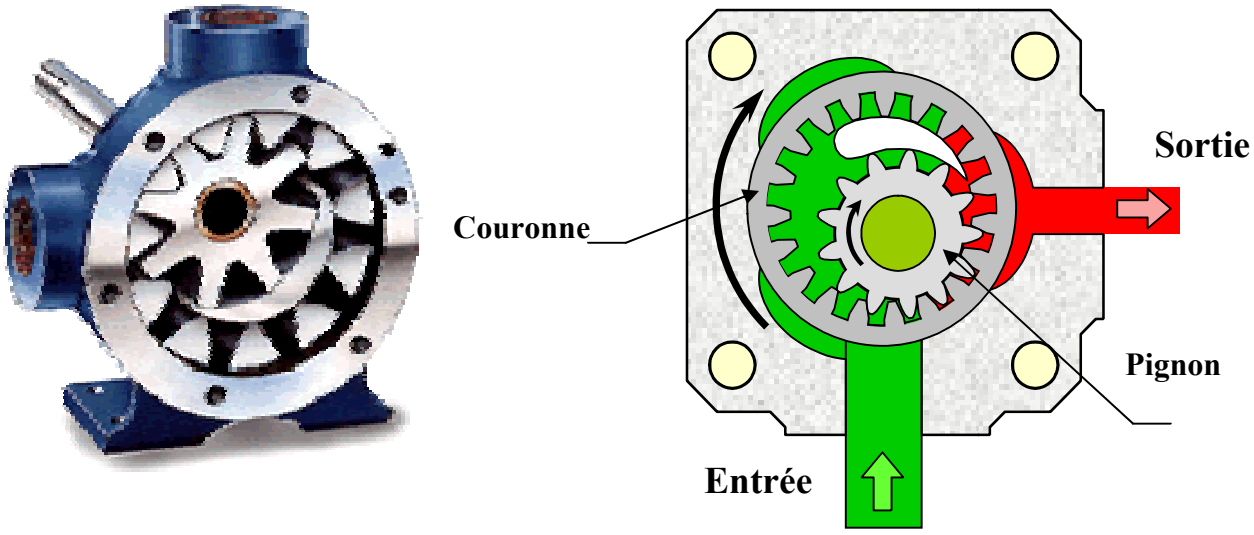


Fig.10 : **Pompe à engrenages intérieures**

Caractéristiques de la pompe à engrenage à denture intérieure :

! Cylindrée : 250 cm3/tour maxi

! Pression de service : 250 bars maxi

! Peu de pièces en mouvement

! Faible encombrement

! Combinaison possible de plusieurs pompes

! Aptitude à tourner vite : de 300 à 3000tr/min

! Bruit de fonctionnement très faible

! Rendement élevé : 0,9

2) Les pompes à palettes :

a- Pompes à palettes à cylindrée fixe :

Fonctionnement :

Un corps cylindrique fixe (stator) communique avec les orifices d'aspiration et de refoulement. A l'intérieur se trouve un cylindre plein, le rotor, tangent intérieurement au corps de la pompe et dont l'axe est excentré par rapport à celui du stator. Le rotor est muni de *2* à *8* fentes diamétralement opposées deux à deux, dans lesquelles glissent des palettes que des ressorts appuient sur la paroi interne du stator. Le mouvement du rotor fait varier de façon continue les différentes capacités comprises entre les cylindres et les palettes en créant ainsi une aspiration du liquide d'un côté et un refoulement de l'autre.

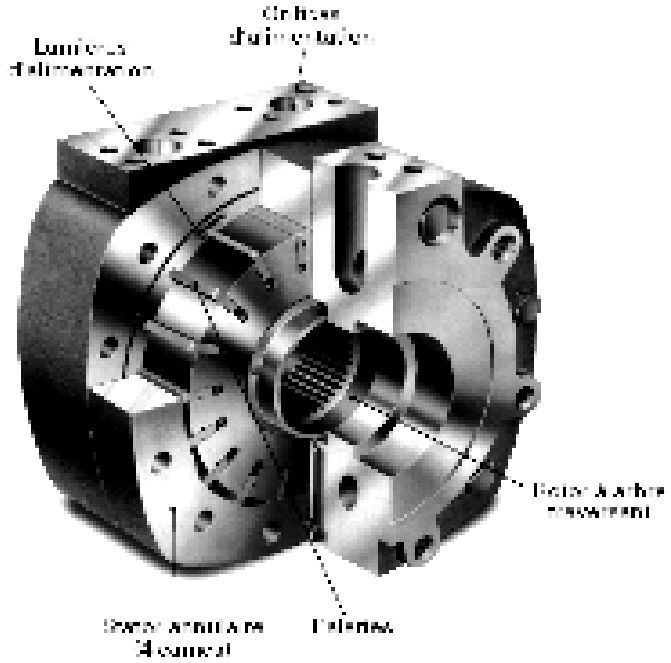


Fig.11 : Pompes à palettes à cylindrée fixe

Caractéristiques et utilisation :

Ce sont des pompes caractérisées par des débits allant jusqu'à *100* $m^3.h^{-1}$ et des pressions au refoulement de *4 à 8 bars*. Elles conviennent aux liquides peu visqueux.

Avantages	Inconvénients
- Pas de brassage, ni d'émulsionnage du liquide pompé. ***- Débit régulier.*** ***- Marche réversible de la pompe***	***- Usure du corps par frottement des palettes.***

(La rotation du rotor entraîne celle des palettes dont les extrémités sont continuellement en contact avec le stator aux points Ci, grâce à la force centrifuge. Outre, des ressorts de compression poussent les bases des palettes.)

b- Pompes à palettes à cylindrée variable (autorégulatrice):

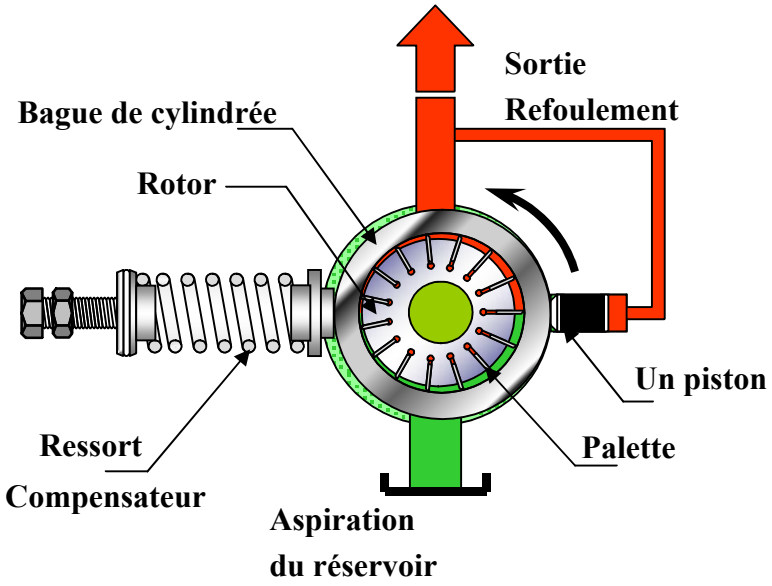


Fig.12: Pompes à palettes à cylindrée variables

Caractéristiques d'une pompe à palettes à cylindrée variable:

! Cylindrée : 100 cm3/tour maxi

! Pression de service : 160 bars maxi

! Auto-aspirante

! Pompe double ou triple

! Régulation optimale du débit

! Faible bruit de fonctionnement et de

! Construction simple

! Nécessite une filtration efficace

! Rendement de 0,9 avec rotor équilibré

3) Les pompes volumétriques alternatives *:*

Tous les types de pompes à pistons reposent sur le même principe de fonctionnement mouvement alternatif des pistons dans un alésage doté de deux orifices destinés à l'aspiration et au refoulement. Selon la disposition des axes des pistons, plusieurs configurations de pompes peuvent exister :

a- Les pompes à piston :

Fonctionnement :

Son principe est d'utiliser les variations de volume occasionné par le déplacement d'un piston dans un cylindre. Ces déplacements alternativement dans un sens ou dans l'autre produisent des phases d'aspiration et de refoulement. Quand le piston se déplace dans un sens le liquide est comprimé: il y a fermeture du clapet d'admission et ouverture du clapet de refoulement. Le fonctionnement est inverse lors de l'aspiration du liquide dans la pompe. Une membrane est parfois liée au piston.

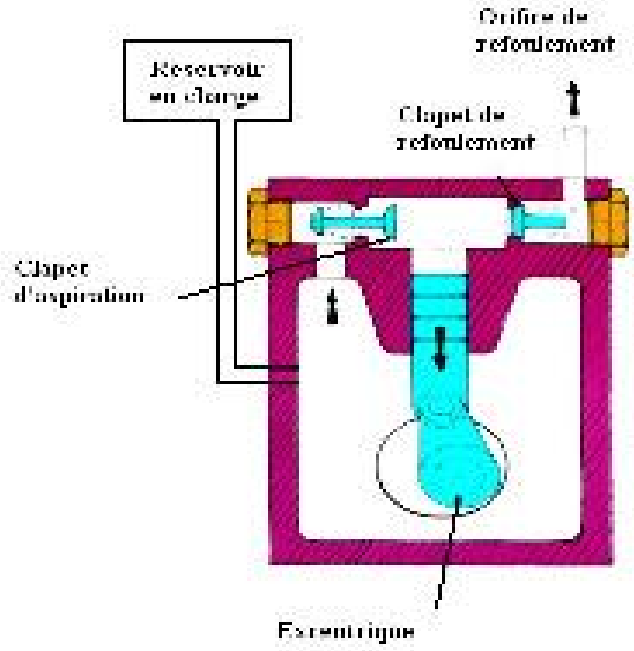
Caractéristiques et utilisation :

Elles ne conviennent que pour des débits moyens de l'ordre de 80 $m^3.h^{-1}$. L'intérêt des membranes est l'utilisation avec des produits chimiques corrosifs, abrasifs ou acides. La pression au refoulement peut aller jusqu'à 25 bars.

Avantages	Inconvénients
- Fonctionnement à sec sans dommage. ***- Bon rendement (> 90%).***	***- Débit limité.*** ***- Viscosités assez faibles.*** ***- pompage de particules solides impossible: la pompe ne fonctionne bien que si l'étanchéité est parfaite entre le cylindre et le piston.***

- Il existe des pulsations importantes au refoulement : on peut remédier à ceci en utilisant des dispositifs de pots antibéliers.

b) Pompe à pistons en ligne :



- C'est une pompe à cylindrée fixe.
- Son rendement peut atteindre les 97 %.
- Les pressions de service peuvent être supérieures à 500 bars.
- Elle est de construction simple.

Fig.13 : Pompe à pistons en ligne

c) Pompe à pistons axiaux:

Fonctionnement :

Au moment où le plateau pivote, il pousse les pistons en décrivant une course en forme de cône. Les pistons y pénètrent en aspirant le liquide pour ensuite l'expulser vers l'utilisation.

Les axes des pistons sont parallèles entre eux et l'axe principal de la pompe. Les bielles sont en liaisons rotules avec le plateau incliné d'un angle α (fixe ou variable) qui est à l'origine des mouvements alternatifs des pistons.

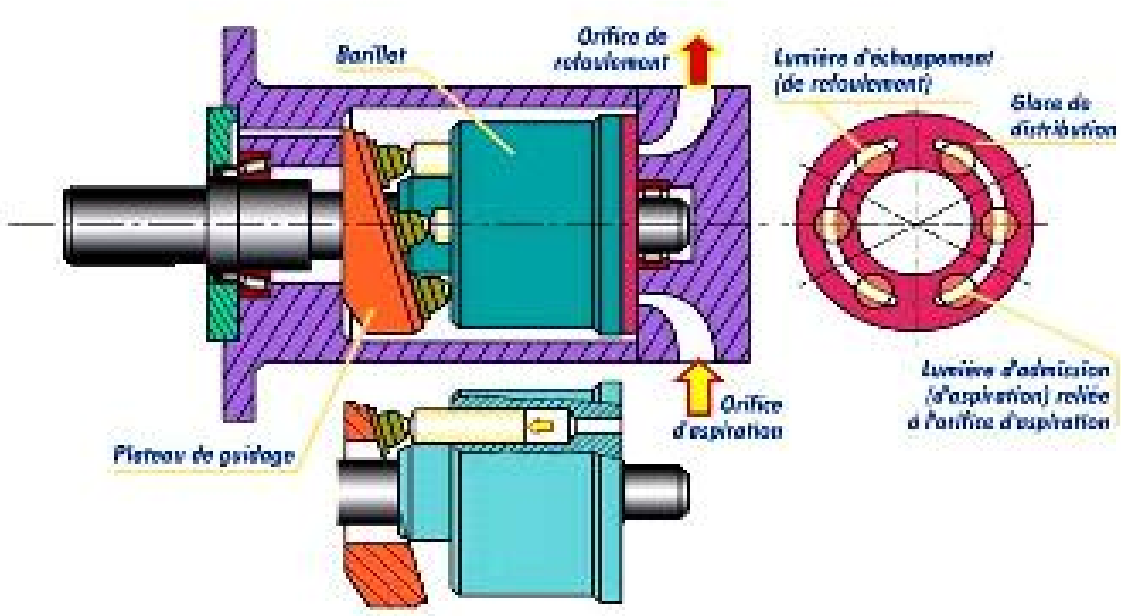


Fig. 14 : Pompe à pistons axiaux:

Caractéristiques des pompes à pistons axiaux:

! Cylindrée : 500 cm^3/tour maxi

! Pression de service : 350 bars maxi

! Rendement de 0,9 et durée de vie très importante

! Faible inertie des pièces en mouvement

! Le débit est plus stable (moins de pulsation)

! Nécessite une filtration efficace (de 10 à 20 µ) car le jeu interne est très faible

! Peut être utilisé en moteur hydraulique.

d) Pompes à pistons radiaux :

Description :

- Les pistons sont disposés radialement au stator, leurs axes sont perpendiculaires à l'arbre d'entraînement principal.

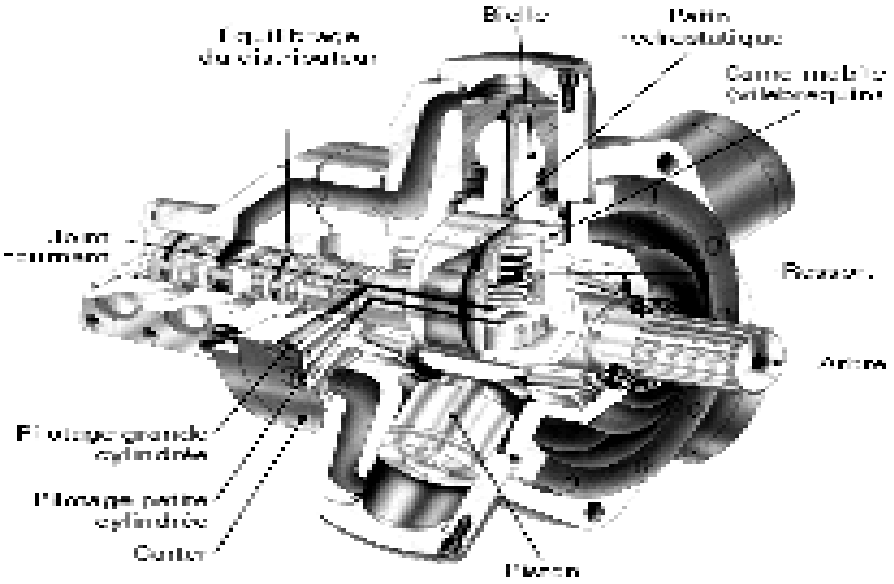


Fig.15 : Pompes à pistons radiaux

Caractéristiques d'une pompe à pistons radiaux :

! Cylindrée : 250 cm3/tour maxi
! Pression de service : 350 bars maxi
! Rendement de 0,90 et durée de vie très importante
! Nécessite une filtration efficace (de 10 à 20 µ) car le jeu interne est très faible
! Peut être utilisé en moteur hydraulique
! Prix élevé.

2-3-2- Les récepteurs hydrauliques :

Introduction :

Les récepteurs hydrauliques transforment l'énergie hydraulique en énergie mécanique.

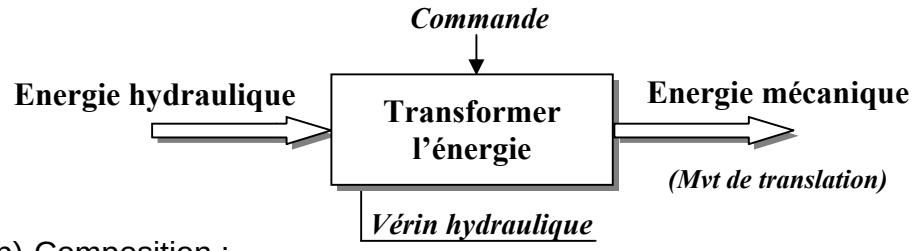
On distingue :

- Les récepteurs pour mouvement de translation : les vérins.
- Les récepteurs pour mouvement de rotation : les moteurs hydrauliques.

Les vérins :

a)-Définition :

Un vérin est l'élément récepteur de l'énergie dans un circuit hydraulique. Il permet de développer un effort très important avec une vitesse très précise.



b)-Composition :

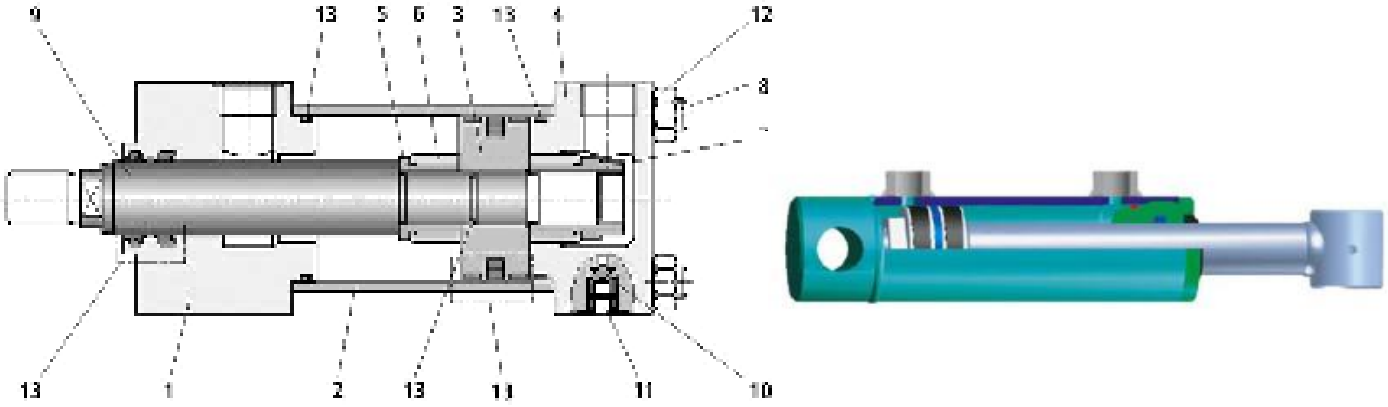


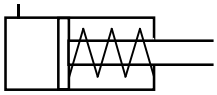
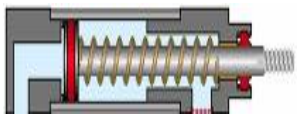
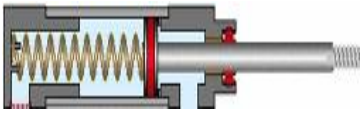
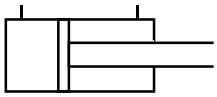
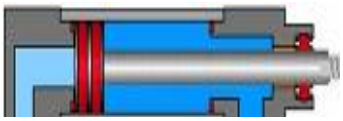
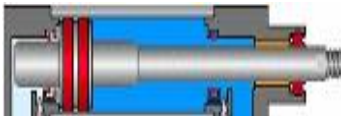
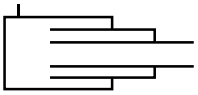
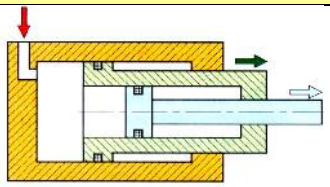
Fig.16 : Vérin double effet

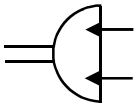
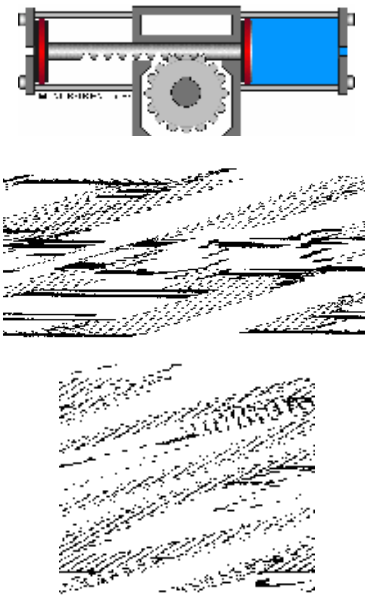
Légende:

1/Tête	5/Chemise d'adaptation	9/Tige de piston
2/Corps	6/Chemise d'amortissement	10/Vis de purge d'air
3/Piston	7/Ecrou de piston	11/Capuchon de sécurité
4/Fond	8/Tirant	12/Ecrou de Tirant

Le jeu de joint 13 comprenant : Joint racleur, Joint de la tige, Joint de piston, Joint Torique, Bague d'appui, Bague de guidage).

d)-Principaux types de vérins :

	Symboles	*Schémas*
Vérin simple effet		
- L'ensemble tige piston se déplace dans un seul sens sous l'action du fluide sous pression. Le retour est effectué par un ressort ou charge. ***-Avantages :*** *économique et consommation de fluide réduite.* ***-Inconvénients :*** *encombrant, course limité.* ***-Utilisation :*** *travaux simples (serrage, éjection, levage…)*		 
Vérin double effet		
- L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide. L'effort en poussant est légèrement plus grand que l'effort en tirant. ***-Avantages :*** *plus souple, réglage plus facile de la vitesse, amortissement de fin de course réglable.* ***-Inconvénient :*** *plus coûteux.* ***-Utilisation :*** *grand nombre d'applications industriels.*		 
Vérins spéciaux		
1- Vérin à tige télescopique : simple effet permet des courses importantes tout en conservant une longueur repliée raisonnable.		

2- Vérin rotatif : *A crémaillère* ➔ l'énergie du fluide est transformée en mouvement de rotation. L'angle de rotation peut varier de 90° à 360°. Les amortissements sont possibles. *A vis* ➔ Le déplacement du piston dans les deux sens crée le mouvement de rotation grâce à la rampe hélicoïdale réalisée sur la vis. *A palette* ➔ Un certain nombre de palettes sont mis en mouvement grâce à la poussée d'huile provenant de l'orifice d'admission l'autre orifice est mis à la bâche. Les fuites internes augmentent avec la pression de service.		

Amortissement de fin de course des vérins :

- Cet amortissement est indispensable aux vitesses ou cadences élevées et sous fortes charges.

Si des blocs en élastomère suffisent lorsque l'énergie à amortir est modérée, les dispositifs avec tampons amortisseurs sont recommandés aux plus hautes énergies. Dès que le tampon entre dans son alésage, le fluide à l'échappement est obligé de passer par l'orifice ***B*** plus petit, au lieu de l'orifice ***A***. La réduction du débit provoque une surpression créant l'amortissement.

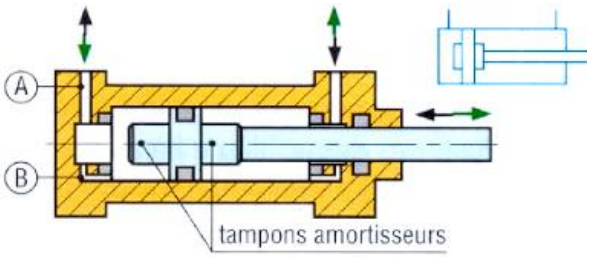


Fig.17 : Vérin double effet à amortissement amortissement non réglable

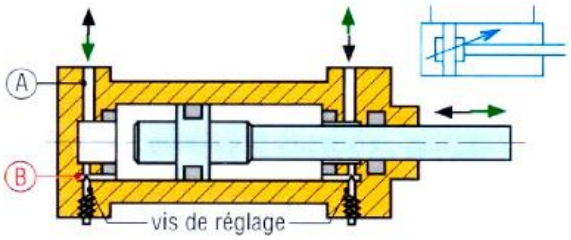
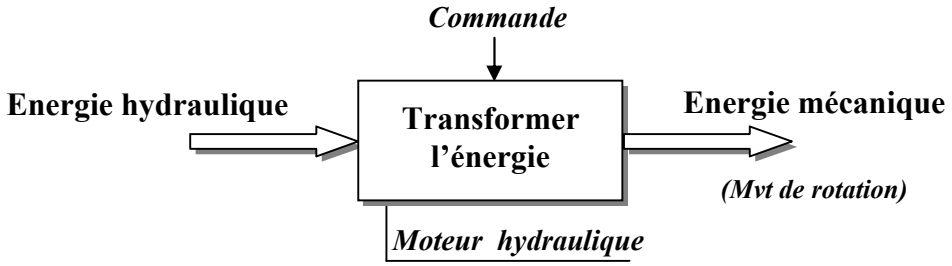


Fig.18 : Vérin double effet à réglable

2-Les moteurs hydrauliques :

a)-Définition :

Dans ce type d'actionneur, l'énergie hydraulique fournie par un fluide sous pression est transformée en énergie mécanique. Il en résulte un mouvement de rotation de l'arbre de sortie.



- Les moteurs hydrauliques présentent deux caractéristiques : *le couple moteur et la vitesse de rotation.*

Remarque :

- Ces moteurs entraînent des systèmes mécaniques. Si le couple résistant devient trop important, la pression monte. Quand elle atteint la valeur de réglage du limiteur de pression, le débit retourne au réservoir.

Leur avantage c'est qu'ils développent une grande puissance pour un encombrement réduit

b)-Principaux types de moteurs hydrauliques :

- Les moteurs sont classés en deux familles :
  - Les moteurs rapides *(les moteurs à palettes, à engrenages, à pistons axiaux et à pistons radiaux)*
  - Les moteurs lents *(cylindrée élevée).*

Moteur à palettes

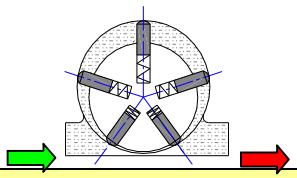
- L'huile sous pression provoque la rotation des palettes implantées sur le rotor.

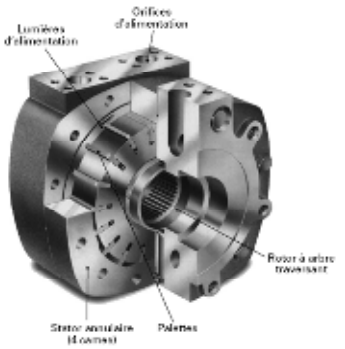
-Avantages : *réalisation simple*

-Inconvénients : *puissance transmise relativement faible.*

$$\underline{Cyl} = 2.b.n.e.D.\sin(\pi/n)$$

- *b : largeur de la palette.*
- *n : nombre de palette.*
- *e : excentricité.*





Moteur à engrenage

- Même conception que la pompe à engrenage, la pression du fluide entraîne en rotation les roues dont l'une est motrice.

-Avantages : *encombrement très réduit, économique.*

-Inconvénient : *rendement limité.*

- Le débit moyen d'un moteur à engrenages extérieurs est donné par la relation :

$$Q_{Vmoy} = b.\omega.m^2.Z \quad [m^3/s]$$

- *b : largeur de la dent*
- *m : module.*
- *Z : nombre de dents.*

Moteur à pistons radiaux

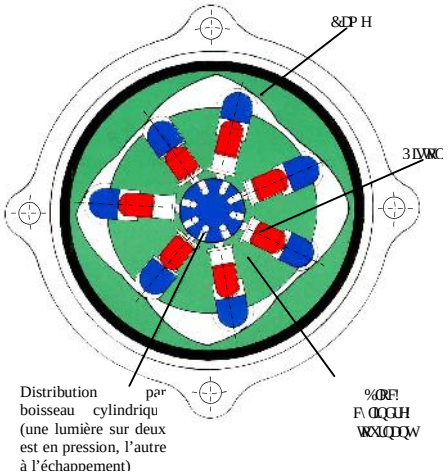
- Contrairement aux pompes à pistons radiaux, les pistons peuvent tourner sur une came (stator) permettant d'avoir plusieurs courses par tour. Le nombre des pistons est impair pour la continuité de débit et l'équilibrage. Possibilité d'avoir une distribution cylindrique ou plane du fluide

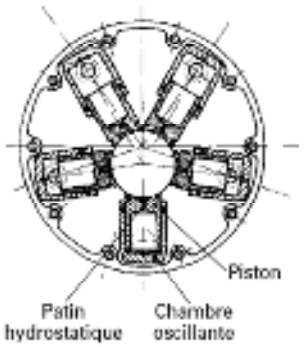
-Avantage : *couple très important.*

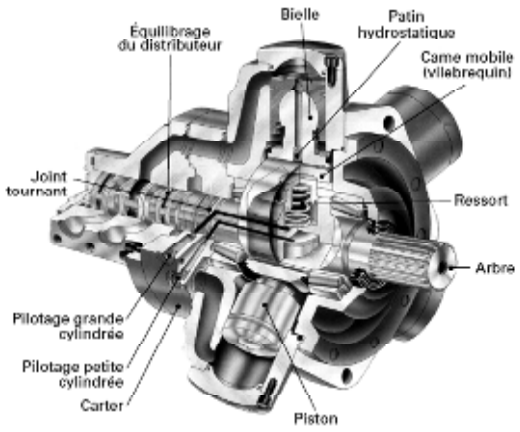
-Inconvénients *: vitesse faible, encombrante, coûteuse, problèmes d'étanchéité pour la distribution.*

$$Cyl = n.n'.c.s.$$

- *Cyl. : cylindrée.*
- *n' : nombre de courses par piston.*
- *n : nombre des pistons*
- *c : course*







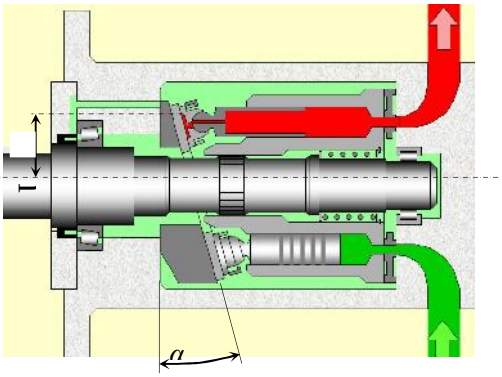
Moteur à pistons axiaux

- Les pistons en communication avec la haute pression se déplacent en tournant et par une liaison rotule avec le tourillon obligent ce dernier à tourner.

-Avantages : *couple très important, possibilité de varier la cylindrée, vitesse importante.*

-Inconvénient: *coûteux*

$Cyl. = 2r.\tan\alpha.n.s$ →
- *Cyl. : cylindrée.*
- *r : entraxe.*
- *n : nombre des pistons*



2-3-3 - Les éléments de liaisons :

1-Les distributeurs :

a)-Fonction :

Aiguiller le débit vers l'une ou l'autre partie du circuit, autoriser ou bloquer le passage du débit.

b)- Constitution:

Le distributeur est constitué de 3 parties : le corps, le tiroir, les éléments de commande.

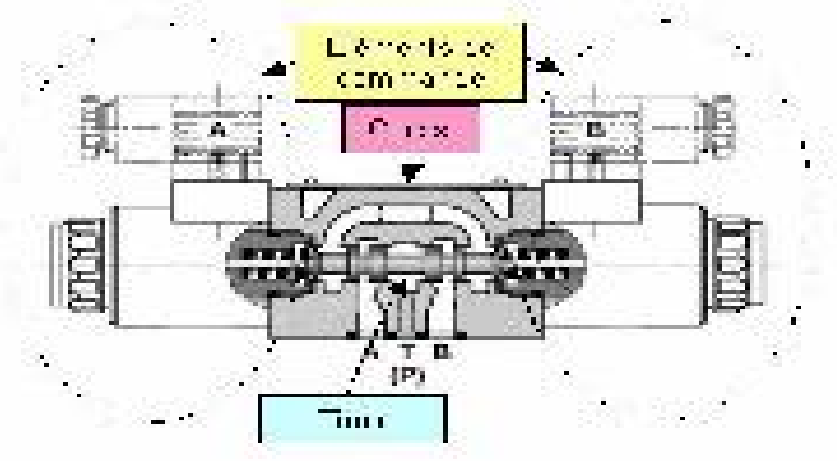


Fig. 19 :distributeur

- **Fonctionnement :**

Les éléments de commande agissent sur le tiroir et le déplace vers la droite ou vers la gauche. En se déplaçant, le tiroir met en communication les orifices

- **Caractéristique:**

Un distributeur est caractérisé par le nombre d'orifices, le nombre de positions, la nature de la commande, le débit et la pression maximale admissible.

Un distributeur peut être à commande manuelle, mécanique, électrique (électromagnétique) ou hydraulique.

- **Symbolisation:**

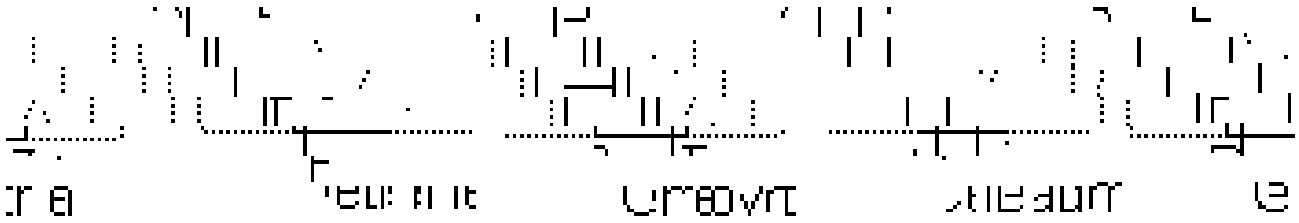
La symbolisation se réalise en 2 étapes :

- Construction du symbole de base (nombres d'orifices, nombres de positions).

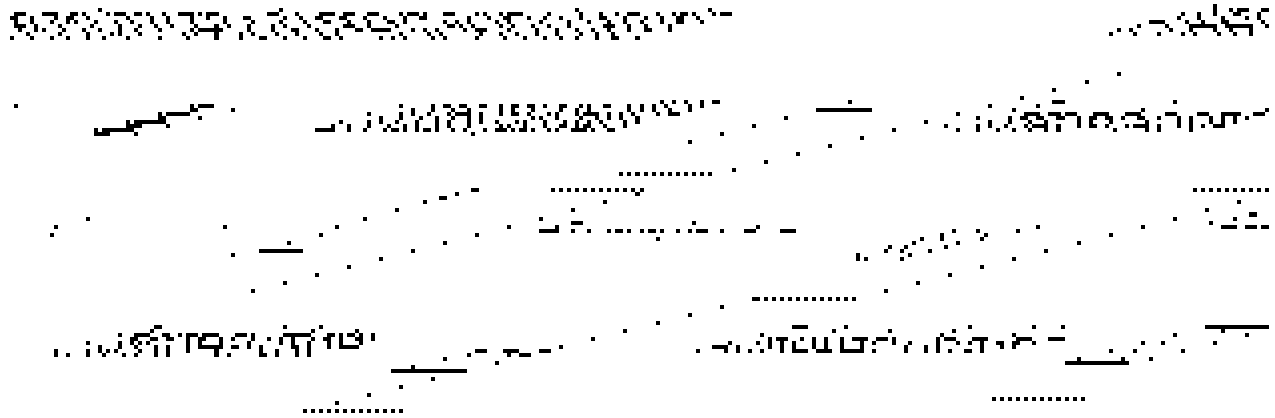
- Représentation du type de commande.

En hydraulique, il existe un grand nombre de possibilités de cases centrales (type 4/3)

suivant le fonctionnement désiré. Les plus courantes sont les suivantes :



- **Schéma des différentes commandes:**



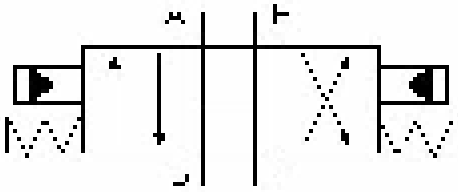
La majorité des distributeurs hydrauliques sont à 2 ou 3 positions.

L'identification d'un distributeur se fait de la manière suivante :

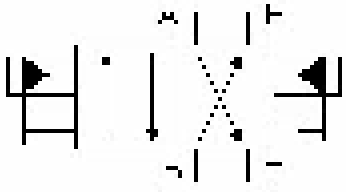
Nombre d'orifices, nombre de positions, type de centre (si 3 positions), type de commande, type de rappel ou de maintien.

Il peut y avoir plusieurs symboles sur une même représentation

Exemples:



Distributeur 4/3 à commande hydraulique



Distributeur 4/2 à commande hydraulique

2-3-4- Autres composants hydrauliques :

1- Les Accumulateurs :

Les accumulateurs sont des appareils entrant dans la constitution des systèmes hydrauliques. Ils servent à emmagasiner une réserve d'énergie.

Ils se montent en dérivation avec le circuit principal permettant de stocker une quantité de fluide sous pression et la restituer (donner) en cas de besoin, par exemple en cas de chute de pression accidentelle, compensation des fuites, équilibrage des forces... Dans certains cas l'utilisation d'un accumulateur est indispensable pour la sécurité, ex élévateur des charges.

1-1 : Principe:

L'accumulateur consiste à emmagasiner l'énergie cinétique engendrée par une colonne de fluide en mouvement lors d'une fermeture brutale du circuit (vanne, électro-vanne…) ou, plus généralement, lors d'une variation brutale de pression dans le circuit.

Accumulateur a vessie :

1-2 : Constitution :

1. Corps.
2. Soupape d'huile.
3. Vessie.
4. Valve de gonflage.

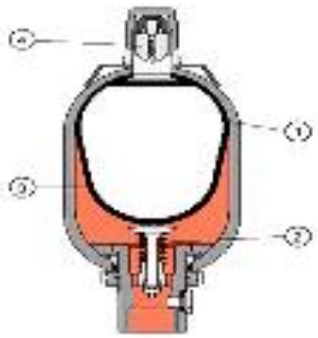
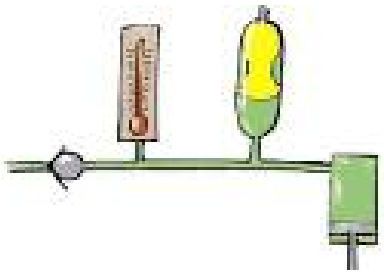


Fig.20 : ***Accumulateur a vessie***

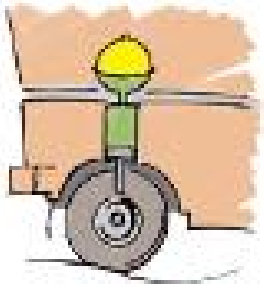
1-3 : Les Différentes Fonction D'un Accumulateur :

- **Dilatation thermique:**



L'augmentation de volume due à l'élévation de température sera absorbée par la mise en place d'un accumulateur.

- **Amortissement de chocs:Suspension :**



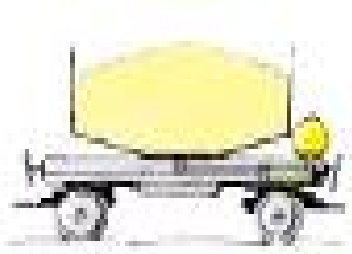
L'accumulateur, par son rôle d'amortisseur, diminue la fatigue des composants hydrauliques et mécaniques.

Exemple:

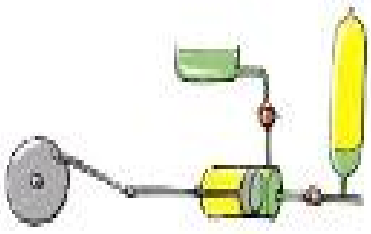
-Élévateurs, chariots de manutention, machines agricoles.

- **Récupération et restitution d'énergie:**

L'énergie fournie par la descente d'une charge peut être absorbée par l'accumulateur et restituée à un mouvement mécanique.



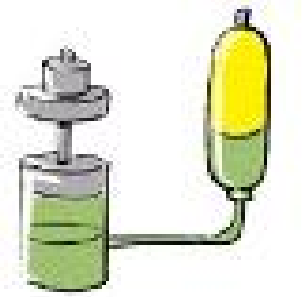
- **Amortissement de pulsations:**



L'adjonction d'un accumulateur sur un circuit hydraulique permet de limiter le taux d'irrégularité des pompes : il s'en suit un meilleur fonctionnement de l'installation, protection et augmentation de la durée de vie des éléments du circuit, ainsi qu'une diminution sensible du niveau sonore.

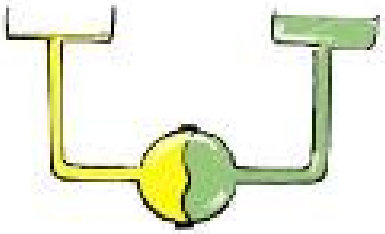
- **Compensation de fuites:**

Une fuite dans un circuit hydraulique peut entraîner une chute de pression. L'accumulateur compense alors la perte de volume et maintient ainsi une pression sensiblement constante dans le circuit.



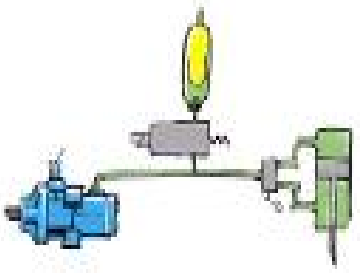
- **Transfert:**

L'accumulateur rend possible le transfert entre deux fluides incompatibles. C'est la membrane qui assure la séparation entre les deux fluides.



- **Réserve d'énergie:**

Dans un circuit sous pression, l'accumulateur permet de tenir immédiatement disponible une réserve de fluide. On peut ainsi utiliser, au cours d'un cycle, dans un temps très court, une énergie importante, accumulée par une installation de faible puissance pendant les périodes de non consommation.



2- Les appareils de protection et de régulation :

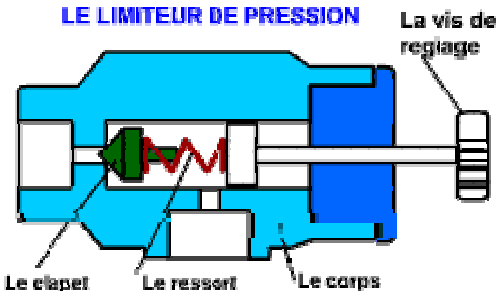
2-1 : Régulation de pression :

a-Fonction:

Réduire la pression du réseau principal et la maintenir constante dans une partie du circuit. La nécessaire de limiter la pression maximale du fluide hydraulique, afin de protéger les différents éléments (pompe, actionneurs, etc.) constituants le circuit, est évidente.

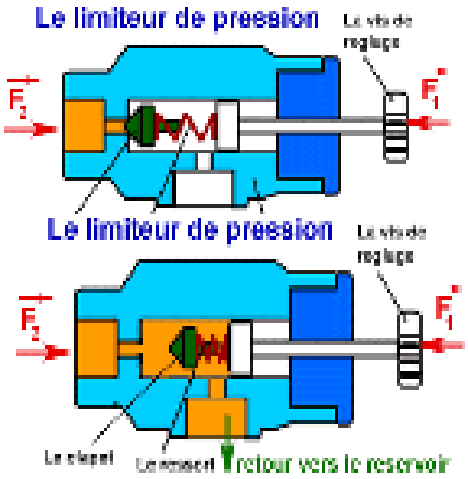
- **Le limiteur de pression :** (soupape de sûreté)

Décrit précédemment, est monté en dérivation avec le circuit et relié au réservoir.



Au départ, le clapet conique est en appui sur son siège grâce à une force F d'appui.

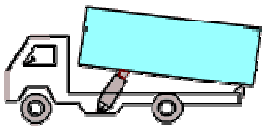
La force F est réglée par le ressort de pression et la vis de réglage.



Au moment ou la force F2 dépasse progressivement la force F1, le clapet recule de son siège, libérant et autorisant le retour du fluide sans pression au réservoir.

Mise en situation :

Pour mieux comprendre le fonctionnement du limiteur de pression, on a par exemple un camion benne qui utilise le système hydraulique pour le déchargement.

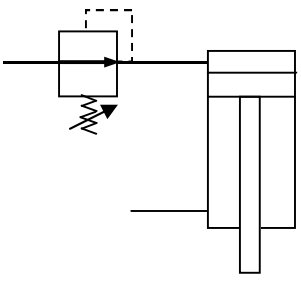


Un moteur thermique entraîne une pompe qui débit le fluide hydraulique sous une pression donnée dans un vérin. Ce fluide fait sortir la tige du vérin (levage de la benne) ou la fait rentrer (descente de la benne).

Pour décharger complètement, la benne sera immobilisée obligatoirement pendant un bon bout de temps en position haute (la tige du vérin est complètement sortie). Pourtant à ce moment, la pompe continue de débiter le fluide qui n'a plus d'issue, d'où une montée rapide de la pression, et si rien n'est fait, les canalisations du fluide et les composants du système vont se rompre, ce qui est dangereux pour l'homme et le matériel (projection de l'huile chaude et de débris).

Et c'est pour remédier à cette situation de fonctionnement (inévitable car la benne doit toujours s'immobiliser en position haute pour son déchargement), que la présence du limiteur de pression a son importance.

- **Le réducteur de pression** à action direct :

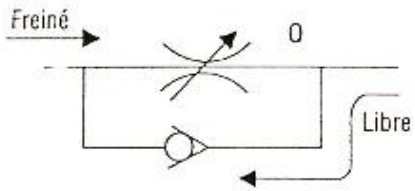


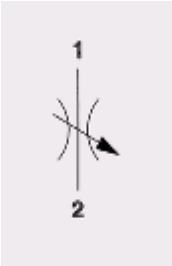
Il est normalement ouvert au repos et lorsque la pression en aval dépasse la valeur de tarage, elle coupe la communication entre l'entrée et la sortie

2-2 : Le contrôle de débit : (limiteur de débit, régulateur de débit)

Le rôle de ce composant est de faire varier la section dans laquelle le fluide circule.

2-2-1 : limiteur de débit :

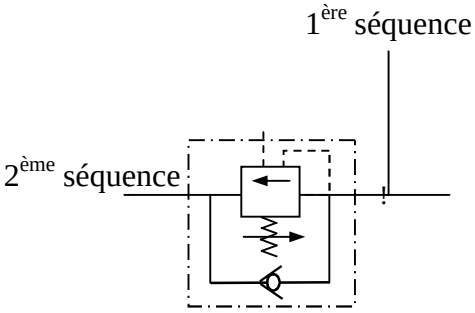


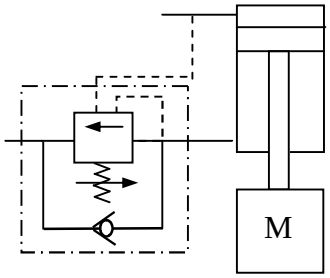


Unidirectionnel Bidirectionnel

2-2-2 : La valve de séquence :

Elle permet d'alimenter un circuit secondaire lorsqu'une certaine pression est atteinte dans le circuit primaire.



2-2-3 : La valve d'équilibre :

Son rôle est de maintenir en position un récepteur hydraulique (vérin ou moteur). Elle peut être envisagée avec deux pilotages.